

⑩ 日本国特許庁(JP)

⑪ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報(A)

平2-300806

⑬ Int. Cl.³

識別記号

庁内整理番号

⑭ 公開 平成2年(1990)12月13日

G 05 D 1/10
B 25 J 5/00
G 05 D 13/08
G 05 D 1/08

E 7304-5H
Z 8611-3F
Z 7828-3F
Z 7304-5H

審査請求 未請求 請求項の数 2 (全7頁)

⑮ 発明の名称 壁面走行ロボットの制御装置

⑯ 特 願 平1-120390

⑰ 出 願 平1(1989)5月16日

⑱ 発 明 者 梅 西 浩 二 広島県呉市宝町6番9号 パブコック日立株式会社呉工場内

⑲ 出 願 人 パブコック日立株式会社 東京都千代田区大手町2丁目6番2号

⑳ 代 理 人 弁理士 武 顕次郎

明 細 書

1. 発明の名称

壁面走行ロボットの制御装置

2. 特許請求の範囲

(1) 壁面走行ロボットの走行軸の両側に配置された少なくとも一対の速度計と、

前記壁面走行ロボットの姿勢角度を検知する三軸方向に配置された傾斜角センサと、

予め算出した三軸方向の傾斜角センサの指示値と前記ロボットの姿勢の関係を示すマトリクスを用い、前記傾斜角センサの実際の指示値と照合して前記ロボットの走行面上での姿勢を判断する姿勢判断装置と、

前記速度計の出力を積算して走行距離を計算する走行距離計算装置と、

前記ロボットの姿勢と走行距離から前記ロボットの座標を算出する座標計算装置と、

この座標と予め記憶回路に入力された目標の座標を比較し目標地点と現在位置の座標から前記ロボットの進行方位を計算し、ロボット駆動部を制

御して目標地点へ前記ロボットを誘導する位置比較制御装置と、

前記ロボットの進行方向に設置した障害物検知センサと、

この障害物検知センサの信号により自動運転から手動運転に切り換える運転モード切り換え装置と、

手動運転における操作および目標地点の座標を記憶回路へ入力する操作盤と、

運転員に前記ロボットの位置・姿勢情報および障害物の有無を知らせるためのグラフィック表示装置とを具備してなることを特徴とする壁面走行ロボットの制御装置。

(2) 請求項(1)記載において、前記傾斜角センサが一軸当たり複数個のセンサを備えていることを特徴とする壁面走行ロボットの制御装置。

3. 発明の詳細な説明

(産業上の利用分野)

本発明は、壁面上を吸着自走する壁面走行ロボットの制御装置に関する。

〔従来の技術〕

従来、例えば壁面を走行するロボットの走行を制御する方法は、マーカーを使用する方法、光を利用する方法、壁面を伝播する超音波を利用する方法等が知られている。しかし、原子炉圧力容器等人間の出入りが制限される環境下では、前記手法を用いた場合にメンテナンスが十分に行えないため、正確な制御を維持することが困難である。

一方、海底探査、海洋構造物等の監視に用いられる水中ロボットの走行制御は、ロボットより水中へ超音波を発振し、その超音波を複数の地点で受信することにより三角測量の容量で前記ロボットの位置を検出し、その情報を基にロボットの走行制御を行っている。ところが、水中の構造物表面上を吸着して走行する壁面走行ロボットでは走行面で超音波を反射するため、前記水中ロボットのように超音波を用いて位置を検出する手法では正確な走行制御ができない。

〔発明が解決しようとする課題〕

上記従来技術は、原子炉圧力容器等人間の出入

りが制限される環境下ではメンテナンスが出来ず、走行制御の精度を維持することが困難であつた。

一方、水中構造物の表面上を吸着して走行する壁面走行ロボットでは、超音波を利用した制御は走行面での反射があるため精度良い走行制御が困難であつた。また、超音波センサの使用は、制御装置全体のコストアップにつながるという懸念もあつた。

本発明は、かかる問題に基づきなされたものであり、その目的とするところは、安価な装置によつて人間の手の届かない構造物表面上で精度の良い走行制御が可能な壁面走行ロボットの制御装置を提供することにある。

〔課題を解決するための手段〕

上記目的を達成するために本発明では、壁面走行ロボットの姿勢角度を傾斜角センサにより検出し、速度計の出力を積算することにより走行距離を算出して、それらの情報から計算された前記ロボットの位置座標と予め設定した目標地点の座標とを比較してロボットの走行方位を決定すること

により達成される。

また、3次元の走行面に対して前記ロボットの姿勢角度を検知するためには、全傾斜角範囲(±180度)を検知可能な傾斜角センサが必要となるが、本発明によれば角度検出範囲の小さな、言い換えれば安価で入手し易い傾斜角センサを組み合わせて使用することにより容易に姿勢角度を検知することができる。

〔作用〕

本発明になる壁面走行ロボットの制御装置は、ロボットに搭載した傾斜角度センサ、速度計により走行制御が可能のため、走行面にマーカー等を取り付ける必要がなく、人間の手の届かない場所においても走行制御が可能である。

また、音波や光等を利用するものでないため走行面の影響を受けることがなく走行面の状態による制御精度への影響がない。

さらに、従来技術になる傾斜角度測定範囲の狭い傾斜角センサ、すなわち安価な傾斜角センサを組み合わせて用いることにより、広範囲な傾斜角

範囲を計測することが可能である。

〔発明の実施例〕

以下、図面に示す実施例に基づいて本発明の詳細を説明する。

第1図は本発明に係る装置の構成を示す図である。図中1は船舶の表面上に配置され、該船舶表面上任意の位置で該船舶表面から水中へ放射する音響を計測する壁面走行ロボットである。この壁面走行ロボット1は、動力ケーブル2および信号ケーブル3を介して遠隔場所に設置された遠隔制御装置4と接続されている。動力ケーブル2は、壁面走行ロボット1に電力を付与するものであり、信号ケーブル3は、音響信号、角度信号、速度・距離信号等計測された信号を伝送するためのものである。前記動力ケーブル2と信号ケーブル3は、余剰部分が前記壁面走行ロボット1と遠隔制御装置4の間に配置されたリール装置5に巻き取られている。

遠隔制御装置4は、前記センサケーブル3を介して入力された信号に基づいて前記壁面走行ロボ

ット1の船舶表面上での座標を計算し目標へ向けて前記壁面走行ロボット1を制御する制御部6と、この装置で演算された演算結果に基づいて壁面走行ロボット1の船舶表面上に対する位置をグラフィック表示するディスプレイ装置7と、このディスプレイ装置7の表示に基づいて前記壁面走行ロボット1を操作するための操作部8とで構成されている。

壁面走行ロボット1は、第2図に示すように構成されている。すなわち、一対の帯状に配置された永久磁石より構成されるキャタピラー21を図示しない駆動用モータにより回転し、左右のキャタピラー21の回転方向の組み合わせにより鋼製船舶表面上に磁器吸着して前進・後退・旋回が可能である。この壁面走行ロボット1はセンサ支持棒22を介して音響センサ23を取り付けてあり、船舶表面上の所定の位置で音響計測を行う。また、この壁面走行ロボット1は、水中での流体抵抗を減ずるため本体をカウリング24で覆つてある。キャタピラー21は走行中に走行面との滑りを生

じるため、壁面走行ロボット1裏面に走行速度を検出するための車輪25を取り付けており、この車輪25の回転数は回転計26により検出される。

また、傾斜角センサは、第3図(a)に示すように構成されている。すなわち、この傾斜角センサは、互いに直交する3つの軸(X, Y, Z)回りの傾斜をそれぞれ検出する3つのセンサ31, 32, 33で構成される。

本図は、傾斜角センサ31, 32, 33の位置関係を示す原理図であり、傾斜角センサ自身の構造については別図を用いて説明するが、これらの傾斜角センサは、例えば支持板に回転自在に取り付けられた回転軸と、この回転軸に装着された重錘、そしてポテンシオメータまたはロータリーエンコーダ等の回転検出手段から構成される。

次に、第3図(b), (c), (d)により、上記傾斜角センサ31, 32, 33により検出される傾斜角とロボットの姿勢の関係について説明する。いま、壁面走行ロボット1が船舶表面上を吸着走行する場合、簡単のため第3図(b), (c)に示す①～④の姿

勢を考えると、傾斜角センサ31, 32, 33により検出される角度は第3図(d)に示すマトリクスとなる。このように、各傾斜角の組み合わせとロボットの姿勢は一対一に対応しており、さらに細かいロボットの姿勢と傾斜角との組み合わせのマトリクスを用意しておけば、検出される傾斜角を前記マトリクスに照合することによつて詳細はロボット姿勢を知ることができる。

なお、第3図(d)において、例えば状態①において角度 θ_1 が記入されていないが、これは状態①では傾斜角センサ33が水平状態にあり、傾斜角センサ33中の重錘が偶然それがあつた位置から動かないためである。また、各傾斜角センサとも水平状態に近づくと、壁面走行ロボット1が僅か傾いたとしても回転軸の摩擦等によつて重錘が重力方向に動かないことが予想され、三軸方向の傾斜角のうち一軸方向の傾斜角が検出できない範囲が存在する。

第4図は、本発明になる壁面走行ロボット制御装置の構成を示すブロック図である。本図に示さ

れるように、前記した傾斜角とロボット姿勢の組み合わせからなるマトリクスは、予め姿勢判断装置42に制御データとして入力しておく。

傾斜角センサ31, 32, 33からの信号は角度計算装置41でそれぞれピッチ角、ロール角、揚角に変換され姿勢判断装置42で前記ロボットの姿勢を算出する。揚角の測定ができないロボット姿勢の場合は、後述するように速度情報から姿勢を判断する。

また、回転計26の信号は速度・距離計算装置により速度情報と距離情報に変換され、前記ロボットの姿勢情報と合わせて制御装置43に送られる。制御装置43では、前記情報からロボットの位置座標を計算し、予め操作部8から記憶回路48に入力した目標座標との比較演算を行い目標への最短方位を計算する。この方位と現在のロボット方位から方位修正角を求め、ロボット駆動部49へ駆動信号を送る。

この際、障害物検知センサ45の信号を運転モード判断装置47で判定し、障害物を発見した場

合は手動モードに切り換え、同時にCRT7に障害物の存在を表示し運転員に知らせる。

第5図は、前述した壁面走行ロボット制御の手順をフローチャートで示したものである。

第6図(a)~(c)は、前記揚角と走行距離によるロボットの座標計算方法を示したものである。本図において、微小時間毎に揚角 θ 、および原点からの走行距離 l を測定し、微小時間毎の走行経路を直線で近似すれば、点 i の座標 (x_i, y_i) は下式で与えられる。

$$x_i = x_{i-1} + (l_i - l_{i-1}) \sin \theta_{i-1}$$

$$y_i = y_{i-1} + (l_i - l_{i-1}) \cos \theta_{i-1}$$

ここで、原点の座標を (x_0, y_0) とおけば

$$x_i = x_0 + \sum_{n=1}^i (l_n - l_{n-1}) \sin \theta_{n-1}$$

$$y_i = y_0 + \sum_{n=1}^i (l_n - l_{n-1}) \cos \theta_{n-1}$$

を得る。本関係から壁面走行ロボット1の座標を計算することができる。

第6図(d)~(e)は、前記走行速度による方法を示したものである。本図において、壁面走行ロボット1の進行方向と直交する向きに取り付けた一対

の速度計による速度 v_1, v_2 および、原点からの走行距離 l を微小時間 Δt 毎に計測する。この微小時間中に速度変化がないと仮定すれば、速度計測部の移動距離はそれぞれ $v_1 \Delta t, v_2 \Delta t$ と表すことができ、本図中の旋回角 α は α' で近似できる。ここで、この旋回角は下式で与えられる。

$$\alpha' = \tan^{-1} \frac{(v_2 - v_1) \Delta t}{L}$$

また、点 j における原点での直進方向からの角度の偏差 r_j は、上記 α' の積算として下式で与えられる。

$$r_j = \sum_{n=1}^j \tan^{-1} \frac{(v_{2,n-1} - v_{1,n-1}) \Delta t}{L}$$

すなわち、原点の座標 (x_0, y_0) とおけば、前記揚角と走行距離からの座標計算方法と同様にして、下式により点 j の座標を計算することができる。

$$x_j = x_0 + \sum_{n=1}^j (l_n - l_{n-1}) \sin r_{n-1}$$

$$y_j = y_0 + \sum_{n=1}^j (l_n - l_{n-1}) \cos r_{n-1}$$

第7図は、本発明の他の実施例を示すものである。本図において、傾斜角センサ71, 72は周期180°で出力信号の正負が逆転する特性、言い換えれば傾斜角測定範囲 $\pm 90^\circ$ の傾斜角センサであり、90°軸をずらせて取り付けられている。この傾斜角センサ71, 72が前記したように互いに90°の軸ずれを持つて角度 θ だけ回転した場合の出力 V_A, V_B は第7図(b), (c)に示すように変化する。 V_A, V_B の組み合わせは角度 θ が0°~360°の間で異なっており、 V_A, V_B の組み合わせにより角度 θ を検知することができる。

以上述べたように、この実施例によれば傾斜角測定範囲の狭い傾斜角センサを組み合わせることにより、広い範囲の傾斜角を検知可能である。

本発明のさらに他の実施例を第8図に示す。本実施例は、原子炉圧力容器外面等人間の出入りが制限される環境下での溶接線の非破壊検査に適用するものである。

壁面走行ロボット1には超音波探触子81を搭

載しており、永久磁石より成るキャタピラ-21によつて原子炉圧力容器等鋼製構造物に磁器吸着してその壁面を走行し、所定の位置で溶接線の非破壊検査を行う。前記壁面走行ロボット1には、図示しない三軸方向の傾斜角を検出する傾斜角センサと一対の速度計を搭載しており、前記本発明の実施例で述べた方法によつて前記壁面走行ロボット1の走行制御を行う。

その他の説明については、前記本発明の実施例で述べた内容と重複するため、ここでの説明を省略する。

(発明の効果)

以上に述べたように、本発明によれば、極めて簡単な装置によつて構造物表面を吸着走行する壁面走行ロボットの走行制御装置を提供することができる。これにより、壁面走行ロボットの自動運転ができるため、例えば船舶の放射能計測や原子炉圧力容器外面の溶接線検査等において、従来人手に頼っていた作業をロボットによる実施が可能になり、安全性、経済性の面で顕著な効果が期

待できる。

さらに、本発明になる走行制御装置は、壁面走行ロボットの壁面への吸着方法によらず使用が可能であるため、例えば真空吸着方式の壁面走行ロボットにも適用できることは言うまでもなく、極めて応用範囲が広い。

4. 図面の簡単な説明

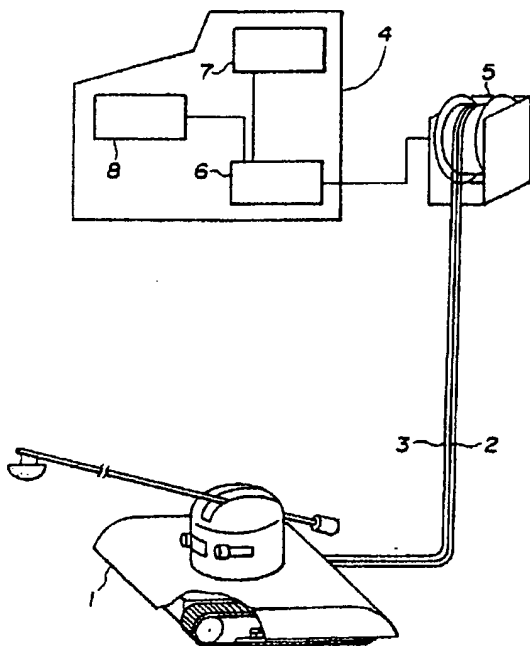
第1図は、本発明の一実施例に係る壁面走行ロボットの走行制御装置の構成を示す図、第2図(a)、(b)、(c)は、同装置の壁面走行ロボットを示す図、第3図(a)、(b)、(c)、(d)は、同装置の傾斜角センサの構成および壁面走行ロボットの姿勢と傾斜角の関係を示す図、第4図は、同装置の信号処理過程を示すブロック図、第5図は、同装置の走行制御の方法を示すフローチャート、第6図(a)～(d)は、同装置の位置検出方法の原理を示す図、第7図(a)、(b)、(c)は、本発明に係る傾斜角検出方法を示す原理図、第8図は、本発明の他の実施例に係る壁面走行ロボットおよび走行制御装置の構成を示す図である。

1…壁面走行ロボット、6…制御部、7…ディスプレイ装置、31、32、33…傾斜角センサ、41…角度計算装置、42…姿勢判断装置、43…制御装置、44…速度・距離計算装置、45…障害物検知センサ。

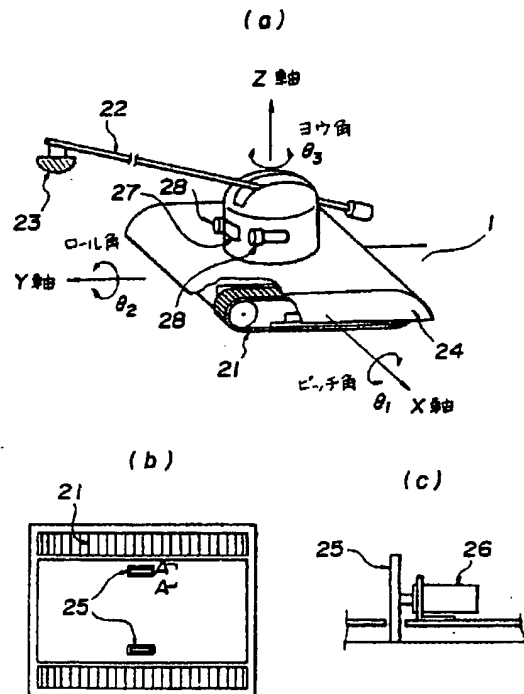
代理人 弁理士 武 顕次郎



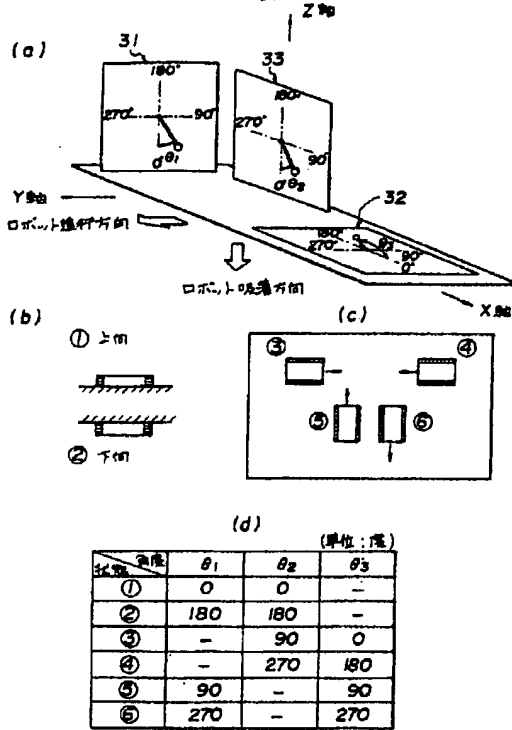
第1図



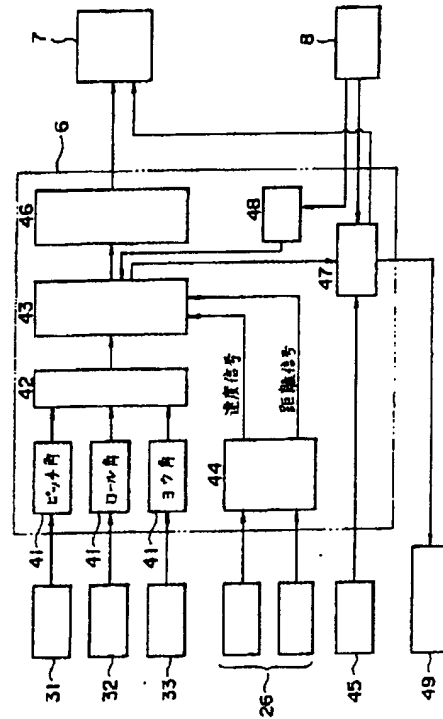
第2図



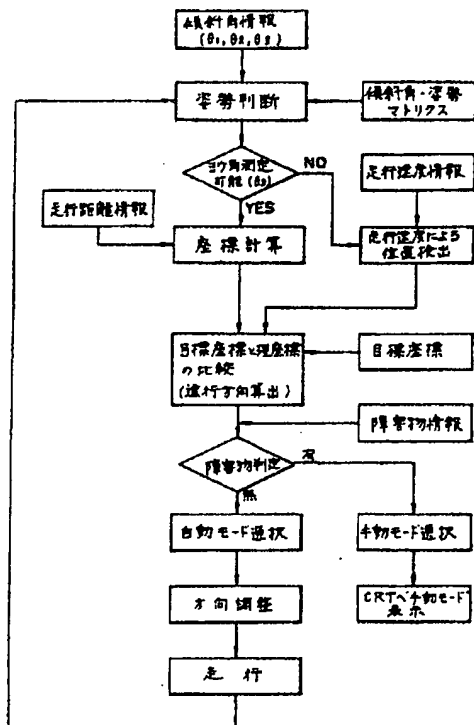
第 3 図



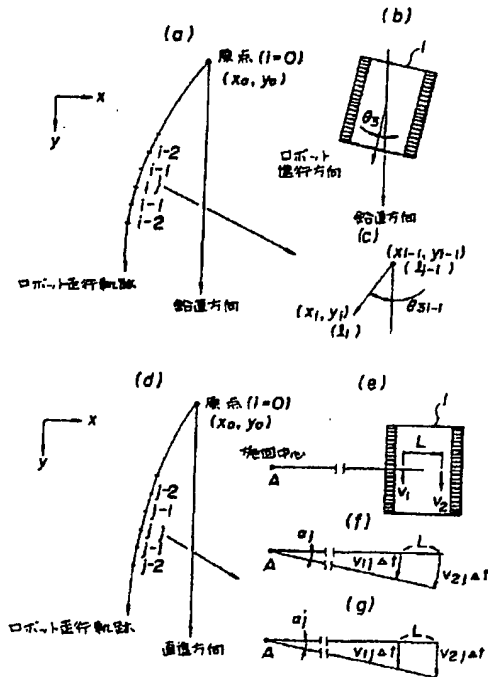
第 4 図



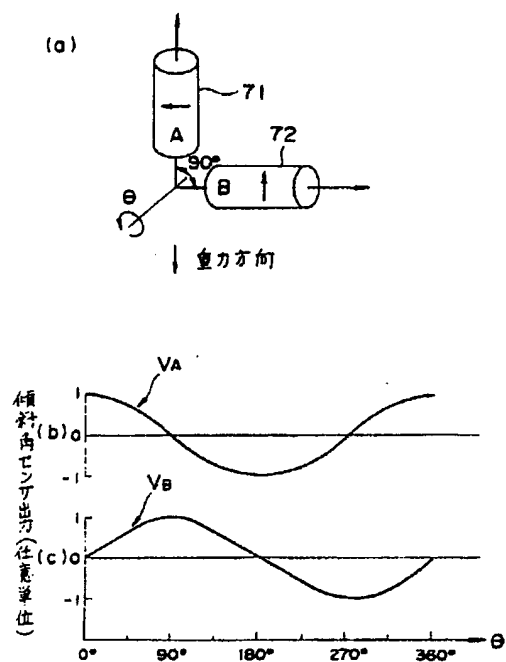
第 5 図



第 6 図



第 7 図



第 8 図

